

**Irrigação Automatizada com Sensores
Irrigas® para o Cultivo do Pimentão em
Substrato de Fibra de Coco**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 96

Irrigação Automatizada com Sensores Irrigas® para o Cultivo do Pimentão em Substrato de Fibra de Coco

*Fábio Rodrigues de Miranda
Rosemberg Trajano de Mesquita Abreu
Antônio Lindemberg Martins Mesquita
Marlon Vagner Valentim Martins
Adroaldo Guimarães Rossetti*

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2015

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical

Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici

CEP 60511-110 Fortaleza, CE

Fone: (85) 3391-7100

Fax: (85) 3391-7109

www.embrapa.br/agroindustria-tropical

www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: *Marlon Vagner Valentim Martins*

Secretário-Executivo: *Marcos Antônio Nakayama*

Membros: *José de Arimatéia Duarte de Freitas, Celli Rodrigues*

Muniz, Renato Manzini Bonfim, Rita de Cassia Costa

Cid, Rubens Sonsol Gondim, Fábio Rodrigues de Miranda

Supervisão editorial: *Marcos Antônio Nakayama*

Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*

Normalização bibliográfica: *Rita de Cassia Costa Cid*

Foto da capa: *Fábio Rodrigues de Miranda*

Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*

1ª edição

On-line (2015)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Irrigação automatizada com sensores Irrigas® para o cultivo do pimentão em substrato de fibra de coco / Fábio Rodrigues de Miranda... [et al.]. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2015.

21p. : il. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 96).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Hidroponia. 2. *Capsicum annuum* L. 3. Manejo da irrigação. I. Miranda, F. R. de. II. Abreu, R. T. de M. III. Mesquita, A. L. M. IV. Martins, M. V. V. V. Rossetti, A. G. VI. Série.

CDD 631.585

© Embrapa 2015

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	18
Agradecimentos	19
Referências	20

Irrigação Automatizada com Sensores Irrigas® para o Cultivo do Pimentão em Substrato de Fibra de Coco

Fábio Rodrigues de Miranda¹

Rosemberg Trajano de Mesquita Abreu²

Antônio Lindemberg Martins Mesquita³

Marlon Vagner Valentim Martins⁴

Adroaldo Guimarães Rossetti⁵

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o controle automático da irrigação utilizando sensores Irrigas® na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivado em substrato de fibra de coco. O experimento foi realizado sob cultivo protegido, em Guaraciaba do Norte, CE. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e seis repetições. Nas parcelas, foram testados o controle automático da irrigação com sensores Irrigas® e o manejo da irrigação com frequência pré-fixada. Nas subparcelas, foram avaliados dois híbridos de pimentão: Nathalie e Dahra R. As plantas foram cultivadas em sacos plásticos contendo substrato de fibra de coco, no espaçamento de 1,2 m x 0,4 m, e foram fertirrigadas por gotejamento, com solução nutritiva. O controle automático utilizando sensores Irrigas® foi efetivo na manutenção do potencial matricial no substrato

¹ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Engenharia de Biossistemas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, fabio.miranda@embrapa.br

² Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE), Sobral, CE.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, lindemberg.mesquita@embrapa.br

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, marlon.valentim@embrapa.br

⁵ Matemático, doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, adroaldo.rossetti@embrapa.br

dentro da faixa desejada (-1 kPa a -4 kPa), proporcionando, em relação ao manejo da irrigação com frequência pré-fixada, uma redução de 15% na quantidade de água aplicada nas irrigações, aumento médio de 14% na produtividade comercial dos híbridos de pimentão Nathalie e Dahra R e um aumento de 35% na eficiência de utilização da água do cultivo. Não foram observadas diferenças significativas de produtividade entre os híbridos de pimentão. No entanto, o híbrido Dahra R produziu menor número de frutos por planta e frutos de maior tamanho (maior peso e maior diâmetro) em relação ao híbrido Nathalie.

Termos para indexação: hidroponia, *Capsicum annuum* L., manejo da irrigação.

Automated Irrigation Control with Irrigas® Sensors for Green Pepper Cultivation in Coconut Fiber Substrate

Abstract

This study aimed to evaluate the automatic irrigation control using Irrigas® sensors to produce green pepper (Capsicum annuum) in coconut fiber substrate. The experiment was carried out in a greenhouse located in Guaraciaba do Norte, Ceará State, Brazil. We used a split plot randomized block design, with six replications. In the plots were tested a close loop automatic irrigation control with Irrigas® sensors and irrigation scheduling with pre-set frequency. In the subplots were evaluated green pepper hybrids Nathalie and Dahra R. Plants were grown in grow-bags, containing 40 L of coconut fiber substrate, were spaced 1.2 m by 0.4 m and were drip fertigated with nutrient solution. The automatic control using Irrigas® sensors was effective in maintaining the matric potential in the substrate within the desired range (-1 kPa to -4 kPa). It was observed a reduction of 15% in the amount of water applied, an average increase of 14% in the commercial yield and an increase of 35% in water use efficiency, as compared to irrigation management with pre-set frequency. No significant differences in yield among green pepper hybrids were observed. However, the hybrid Dahra R produced smaller number of fruit per plant and larger fruits (greater weight and larger diameter) over the hybrid Nathalie.

Index terms: hidroponics, Capsicum annuum L., irrigation scheduling.

Introdução

O cultivo do pimentão em vasos ou sacos contendo substrato e com a utilização de fertirrigação permite sua produção em ambiente livre de enfermidades de solo, principalmente fungos e nematoides, com incremento da produtividade e da qualidade dos frutos em relação ao cultivo no solo. Diferentemente da hidroponia sem substrato, há menor dependência de constantes irrigações, pois o substrato funciona como um reservatório de água e nutrientes para as plantas (CHARLO et al., 2009). Entre os substratos mais utilizados, a fibra da casca do coco é uma das melhores alternativas, em virtude de ser um produto renovável e com excelentes características físicas e químicas (MAKISHIMA; CARRIJO, 2006).

Na maioria dos cultivos em substrato, utilizam-se sistemas de irrigação parcialmente automatizados, cuja automação consiste no uso de controladores e válvulas solenoides. Normalmente, as irrigações são programadas com frequências e volumes pré-fixados. A principal desvantagem desse método é que ele não é suficientemente flexível para lidar com as variações das necessidades hídricas das plantas ao longo do dia e durante o ciclo da cultura. Nos vasos ou sacos contendo substrato, o volume de água retido e a capacidade de retenção de água geralmente são reduzidos. Em contrapartida, a evapotranspiração dos cultivos varia significativamente ao longo do dia e do ciclo das plantas. Desse modo, podem ocorrer deficit hídrico ou perdas de solução nutritiva (por excesso de irrigação) e nutrientes essenciais às plantas, com redução da produtividade e ocorrência de problemas fisiológicos, como a podridão apical em cultivos de tomate e pimentão (LIZARRAGA et al., 2003), além da redução da eficiência de utilização de água.

Alguns sistemas automatizados de controle da irrigação baseados em medições do teor de umidade do substrato ou modelos matemáticos e medições microclimáticas foram testados com sucesso em cultivos de tomate e pimentão utilizando substratos (LIZARRAGA et al., 2003; JOVICICH et al., 2007; PARDOSSI et al., 2009; NEMALI; VAN IERSEL, 2006). No entanto, esses sistemas apresentam algumas dificuldades

de aplicação prática, requerendo medidas do índice da área foliar ou calibração para estágios de crescimento das culturas.

De outro modo, sensores de potencial matricial, principalmente os tensiômetros, têm sido usados para o controle automático de irrigação em cultivo sem solo. No entanto, para funcionarem de forma confiável, os tensiômetros requerem manutenção frequente (VAN IERSEL et al., 2011). Já o sensor de potencial matricial Irrigas®, desenvolvido pela Embrapa (CALBO, 2006), opera com uma cápsula de cerâmica porosa permeável ao ar, o que faz com que o sensor requeira quase nenhuma manutenção. A passagem livre do ar através da cápsula fica bloqueada quando a água do solo (ou do substrato) satura os poros da cerâmica. Quando a umidade do substrato cai para valores abaixo de um valor crítico de tensão, a cápsula porosa torna-se permeável à passagem do ar (CALBO, 2006).

O sensor Irrigas® foi testado com sucesso no manejo da irrigação de cultivos de tomate no solo e em substrato de fibra de coco (MIRANDA et al., 2011; MAROUELLI et al., 2005; PASCHOLD; MOHAMMED, 2004) e, quando conectado a um controlador, permite a aquisição de dados do potencial matricial do meio em tempo real e o controle automático da irrigação (CALBO et al., 2004). O presente estudo teve como objetivo avaliar o controle da irrigação, utilizando sensores Irrigas®, no cultivo de pimentão em substrato de fibra de coco seco triturada.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma estufa com área de 2.600 m² (50 m x 52 m), coberta com filme de polietileno e revestida com tela antiafídeo (20 fios por cm) nas laterais, localizada em Guaraciaba do Norte, CE (latitude 4°11'S, longitude 40°43'O e altitude 903 m).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e seis repetições. Nas parcelas, foram testados o controle automático da irrigação com sensores Irrigas® e o manejo da irrigação com frequência pré-fixada. Nas subparcelas, foram avaliados

dois híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.): Nathalie e Dahra R. Cada subparcela era composta por 15 plantas, dispostas em uma mesma fileira.

Foi utilizado como meio de crescimento o substrato de fibra de coco, contido em sacos plásticos tipo travesseiro (*grow-bag*), com volume de 40 L e dimensões de 1,1 m x 0,3 m x 0,12 m. O espaçamento da cultura foi de 1,2 m entre fileiras por 0,4 m entre plantas (3 plantas/saco ou 2,1 plantas m²) (Figura 1).



Foto: Fábio Rodrigues de Miranda

Figura 1. Plantas de pimentão plantadas em sacos de cultivo com substrato de fibra de coco e irrigadas por gotejamento.

As mudas de pimentão foram produzidas em bandejas com substrato de fibra de coco de textura fina (Golden Mix tipo 80, Amafibra Fibras e Substratos Agrícolas da Amazônia Ltda.) e transplantadas para os sacos de cultivo aos 22 dias de idade. As plantas foram conduzidas mantendo-se três ramos principais por planta, conduzidos verticalmente amarrados por fitilhos.

A cultura foi irrigada por gotejamento, utilizando um gotejador com estaca por planta, com vazão de 2,0 L h⁻¹, instalado a 0,07 m de distância do caule. O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema de irrigação foi avaliado antes do início do experimento, obtendo-se um valor de CUD de 97%.

No tratamento com irrigação automatizada, foi utilizado um sistema de controle em malha fechada, composto por seis sensores de potencial matricial Irrigas®, monitorados por controlador MRI-D (Hidrosense Com. de Sistemas para Irrigação Ltda). Os sensores foram instalados entre os gotejadores e as plantas, em seis sacos de cultivo localizados em parcelas escolhidas aleatoriamente (um sensor por parcela). O controlador MRI-D foi usado para enviar sinal para um controlador de irrigação (Galcon AC-6S), iniciando o pulso de irrigação quando o potencial matricial médio dos seis sensores atingiu $-3,5$ kPa.

Na irrigação convencional com *timer*, utilizou-se um controlador de irrigação (Galcon AC-6s). Nos primeiros 10 dias após o transplântio das mudas, o controlador foi programado para aplicar um pulso de irrigação por dia. A seguir, o número de pulsos de irrigação foi ajustado a cada 3 dias, a partir das leituras diárias da drenagem dos sacos de cultivo, visando manter o percentual de drenagem em torno de 20%. Da mesma forma que no tratamento anterior, o potencial matricial no substrato foi monitorado utilizando seis sensores Irrigas®, conectados ao controlador MRI-D. Um registrador eletrônico (modelo LogBox-DA, Novus Produtos Eletrônicos) ligado ao controlador de MRI-D foi usado para registrar as leituras de potencial matricial no substrato de ambos os tratamentos a cada 15 minutos.

Até 5 dias após o transplântio (DAT), o manejo da irrigação foi igual nos dois tratamentos, aplicando-se um pulso de irrigação por dia, visando garantir o pegamento e uniformidade das mudas. A partir daí, foram aplicados os tratamentos de irrigação. Em ambos os tratamentos, as irrigações foram feitas entre 8h e 17h e tiveram duração de 12 minutos (volume de 0,4 L por planta). Em todas as irrigações, foi aplicada uma solução nutritiva nos substratos com a seguinte composição (por dm^3): 15,1 mmol de N; 1,5 mmol de P; 6,6 mmol de K; 5,1 mmol de Ca; 1,9 mmol de Mg; 2,8 mmol de S; 2,0 mg de Fe; 1,0 mg de Mn; 0,1 mg de Cu; 0,25 mg de Zn; 0,5 mg de B e 0,04 mg de Mo. Na formulação dessa solução, foram utilizados: nitrato de cálcio, fosfato monopotássico, nitrato de potássio, sulfato de magnésio, sulfato de potássio, molibdato de amônio e fertilizantes líquidos da marca Bionutri

(Integral Agroindustrial Ltda.), contendo micronutrientes complexados com ácidos orgânicos. Ao longo do período de cultivo, o pH da solução nutritiva variou de 5,5 a 6,0, e a condutividade elétrica (CE), de 1,8 dS m⁻¹ a 2,1 dS m⁻¹.

Diariamente, pela manhã, antes do início das irrigações, foram avaliados: volume de solução aplicado nas irrigações, CE e pH da solução nutritiva e da solução de drenagem. Para medir o volume de solução nutritiva aplicada diariamente em cada tratamento, foram utilizados hidrômetros. Os volumes de drenagem foram medidos em bandejas de drenagem instalados sob os sacos de substrato.

Dados de temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento foram registrados a cada 60 minutos, utilizando-se uma estação meteorológica automatizada, instalada no interior da estufa. Os dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Médias de temperatura máxima (T_{máx}), temperatura mínima (T_{mín}), umidade relativa do ar (UR), radiação solar global (RS) e velocidade do vento (VV) observadas no interior da estufa durante o experimento e evapotranspiração de referência estimada com a equação de Penman-Monteith FAO (ET_o-PM).

Dias após o transplântio	T _{máx} (°C)	T _{mín} (°C)	UR (%)	RS (MJ/m ² /dia)	VV (km/dia)	ET _o -PM (mm/dia)
1 - 30	33,6	18,4	70,0	17,4	8,4	3,6
31 - 60	35,1	18,5	69,1	16,6	3,0	3,5
61 - 90	34,6	18,7	69,8	15,8	1,9	3,3
91 - 120	32,9	19,5	75,6	11,5	0,7	2,5
121 - 150	32,0	19,2	79,8	12,6	0,2	2,7

Aos 57 DAT das mudas, foram iniciadas as colheitas de pimentão, sendo posteriormente realizadas uma vez por semana até 150 DAT. Avaliou-se o número de frutos por parcela, a massa dos frutos, o comprimento e o diâmetro de quatro frutos por parcela, a produtividade comercial e o número de frutos com sintomas de podridão apical. No cálculo da produtividade, foram considerados os frutos com comprimento maior que 90 mm e sem injúria.

Os dados foram analisados estatisticamente no esquema de parcelas subdivididas, sendo os tratamentos de irrigação as parcelas principais, e os híbridos de pimentão, as secundárias, utilizando-se análise de variância e teste de F ao nível de 5%. A eficiência de utilização da água (kg m^{-3}) foi calculada considerando-se a produtividade comercial (em kg m^{-2}), dividida pelo o volume total de água aplicado em cada tratamento (em $\text{m}^3 \text{m}^{-2}$).

Resultados e Discussão

Controle da irrigação

Em alguns dias do ciclo da cultura, os dados de potencial matricial no substrato não foram registrados, em virtude de falhas no registrador eletrônico. No período em que os dados foram registrados, o controle automático das irrigações com os sensores Irrigas® foi efetivo na manutenção do potencial matricial no substrato na faixa entre -1 kPa e -4,0 kPa (Figura 2). No tratamento *timer*, mesmo com a frequência das irrigações sendo ajustada periodicamente e de forma criteriosa, houve maior variação do potencial matricial do substrato (de -0,8 kPa a -4,6 kPa) em relação à irrigação controlada automaticamente.

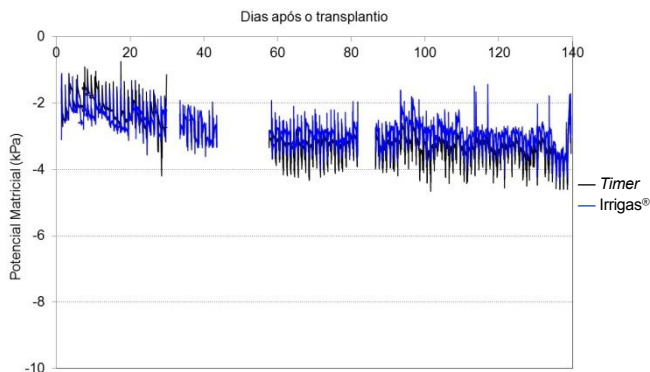


Figura 2. Variação do potencial matricial no substrato em cultivo de pimentão com controle automatizado da irrigação utilizando sensores Irrigas® e frequência pré-fixada (*timer*).

O controle automático das irrigações com o sensor Irrigas® permitiu melhor ajuste da frequência das irrigações em resposta às variações

da demanda hídrica da cultura do pimentão em relação ao *timer*, como pode ser visualizado na Figura 3 e na Tabela 2. Aos 58 e 59 DAT, foram programados quatro pulsos de irrigação no tratamento com frequência pré-fixada (*timer*). No dia 58, a demanda hídrica da cultura foi menor que a esperada, e houve um excesso de irrigação no tratamento *timer* (22% de drenagem). No mesmo dia, no tratamento com controle automático (Irrigas®), ocorreram apenas duas irrigações, com perdas por drenagem bem menores (11% do volume aplicado). No dia 59, a demanda hídrica do cultivo foi mais alta, e em ambos os tratamentos o número de pulsos de irrigação, os volumes de solução nutritiva aplicados e as perdas por drenagem foram semelhantes.

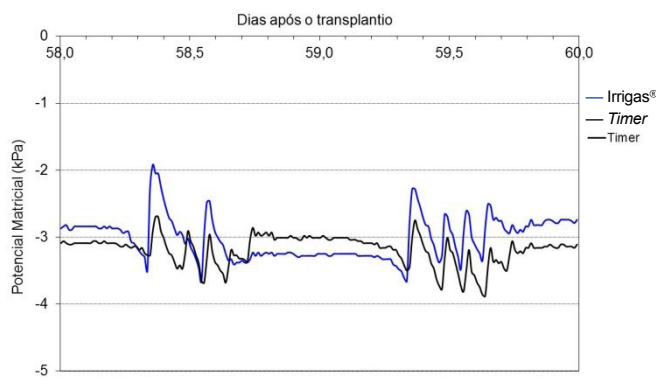


Figura 3. Variação do potencial matricial no substrato nos dias 58 e 59 após o transplante.

Tabela 2. Valores de evapotranspiração de referência (ETo), volumes de solução nutritiva aplicada na irrigação e porcentagem de drenagem nos dias 58 e 59 após o transplante do pimentão.

DAT	ETo (mm/dia)	Volume aplicado (L/planta)		Drenagem (%)	
		Irrigas®	Timer	Irrigas®	Timer
58	2,9	0,8	1,6	11	22
59	3,8	1,6	1,6	10	11

Os volumes de solução nutritiva aplicados diariamente no tratamento *timer* foram superiores aos volumes aplicados no tratamento Irrigas®

durante a maior parte do ciclo da cultura, principalmente a partir de 40 DAT (Figura 4). O número de pulsos de irrigação diários variou de um pulso por dia, até 20 DAT, a até 11 pulsos por dia na fase de produção. Considerando-se todo o ciclo da cultura (Tabela 3), o controle automático das irrigações com os sensores Irrigas® proporcionou uma economia de água de 15% em relação ao manejo da irrigação com frequência pré-fixada, e ambos os tratamentos apresentaram médias de porcentagem de drenagem próximas de 20%.

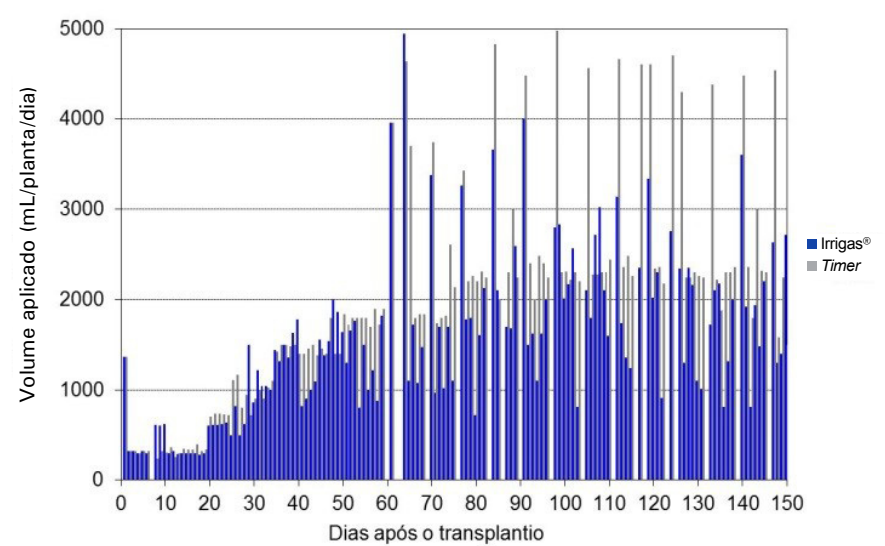


Figura 4. Volumes de solução nutritiva (mL por planta por dia) aplicados em cultivo de pimentão com controle automatizado da irrigação utilizando sensores Irrigas® e frequência pré-fixada (*timer*).

Tabela 3. Lâminas totais de irrigação e de drenagem em cultivo de pimentão com irrigação controlada automaticamente utilizando sensores Irrigas® e com frequência pré-fixada (*timer*).

Tratamento	Irrigação (mm)	Drenagem (mm)	Drenagem (%)
Irrigas®	439	103	23
<i>Timer</i>	518	111	21

Produção

Foram observados efeitos significativos ($p < 0,05$) dos tratamentos de manejo da irrigação sobre a produtividade comercial e o número de frutos por planta (Tabela 4). Não houve efeito do manejo da irrigação sobre o tamanho dos frutos, representado pelo peso médio, o comprimento e o diâmetro do fruto. Tampouco foi observado efeito significativo dos tratamentos de manejo da irrigação sobre frutos com podridão apical.

Com relação aos híbridos, houve efeito significativo ($p < 0,01$) apenas no número de frutos por planta, no peso médio e no diâmetro dos frutos. Não houve efeito significativo da interação entre os tratamentos de manejo da irrigação e os híbridos de pimentão sobre as variáveis avaliadas.

Tabela 4. Análise de variância para produtividade comercial (PC), número de frutos por planta (NFP), peso médio dos frutos (PMF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF) e percentual de frutos com podridão apical (%FP) de dois híbridos de pimentão, submetidos a diferentes manejos da irrigação.

Fonte de variação	GL	PC	NFP	PMF	CF	DF	%FP
Bloco	5	-	-	-	-	-	-
Irrigação (I)	1	5,386*	204,167*	2,667 ^{ns}	0,260 ^{ns}	3,375 ^{ns}	5.017,042 ^{ns}
Erro	5	0,783	23,967	13,467	0,231	2,564	1.035,542
Híbrido (H)	1	0,605 ^{ns}	294,000**	580,167**	0,034 ^{ns}	190,407**	7.038,375 ^{ns}
Interação (IxH)	1	0,388 ^{ns}	0,667 ^{ns}	16,667 ^{ns}	0,350 ^{ns}	0,282 ^{ns}	176,042 ^{ns}
Erro	10	1,007	28,433	19,517	0,097	11,503	2.456,508
CV (%)		14,23	13,19	5,26	2,43	5,96	38,73

(^{ns}) Não significativo; *significativo a 5%, pelo teste F; **significativo a 1%, pelo teste F.

O controle automático das irrigações com o sensor Irrigas® proporcionou maior número de frutos por planta e maior produtividade comercial em relação ao manejo da irrigação com frequência pré-fixada (Tabela 5).

Tabela 5. Médias das variáveis produtividade comercial (PC), número de frutos por planta (NFP), peso médio dos frutos (PMF), comprimento do fruto (CF), diâmetro do fruto (DF) e percentual de frutos com podridão apical (%FP) de dois híbridos de pimentão, submetidos a diferentes manejos da irrigação.

Tratamento	PC (kg m ⁻²)	NFP	PMF (g)	CF (cm)	DF (cm)	% FP
Manejo da irrigação ⁽¹⁾						
Timer	6,58	37,50	84,25	12,72	5,65	24,27
Irrigas®	7,52	43,33	83,58	12,92	5,73	26,37
Híbridos ⁽¹⁾						
Dahra R	6,89	35,50	88,83	12,86	5,97	29,23
Nathalie	7,21	40,67	79,00	12,78	5,41	21,41

A maior produção de pimentão no tratamento com irrigação automatizada deve-se à menor variação do potencial hídrico no substrato, mostrada na Figura 2. No tratamento com irrigação pré-fixada, embora a variação do potencial matricial no substrato (Figura 2) não tenha caracterizado a ocorrência de deficit hídrico, algumas irrigações provavelmente ocorreram quando o substrato ainda estava com alto teor de umidade, prejudicando a respiração e o crescimento das raízes.

Em trabalho com híbridos de tomateiro cultivado em substrato de fibra de coco e com irrigação controlada automaticamente com sensores Irrigas® e com frequência de irrigação pré-fixada, Miranda et al. (2011) não observaram diferenças significativas na produtividade comercial. Esses autores obtiveram uma redução de 6% na lâmina de água aplicada quando as irrigações foram controladas automaticamente com sensores Irrigas®, em comparação com o manejo da irrigação com frequência pré-fixada.

Em termos de produtividade e comprimento dos frutos, não se observou qualquer diferença entre os híbridos de pimentão. Convém salientar que as produtividades obtidas foram baixas, variando de 8 kg m⁻² a 11 kg m⁻². Entre os fatores que podem ter contribuído para esse fraco desempenho, citam-se a duração do experimento, a densidade de

plantas e as altas temperaturas no interior da estufa, superando 35 °C entre o 31º e o 90º DAT, conforme mostrado na Tabela 1.

Observa-se que o pimentão cultivado em estufa permite obter colheitas por até 9 meses, enquanto, no presente experimento, as colheitas foram encerradas 5 meses após o transplantio. Em campo, os cultivos protegidos de pimentão permitem usar densidade até 3,7 plantas m⁻², ao passo que a densidade utilizada no presente estudo foi de apenas 2,1 plantas m⁻². Vale notar que a produção obtida por planta atingiu 3,6 kg por planta, o que é compatível com as médias de cultivos de pimentão em estufas (3 a 4 kg por planta).

As temperaturas elevadas no interior da estufa detectadas entre o 31º e o 90º DAT aceleram o crescimento vegetativo, mas podem causar queda das flores e prejudicar a frutificação. Segundo Makishima e Carrijo (2006), o florescimento e a frutificação do pimentão são favorecidos por temperaturas mínimas de 15 °C a 19 °C e máximas de 22 °C a 25 °C.

Outro fato que possivelmente contribuiu para a redução da produtividade foi o alto índice de perdas de frutos com sintomas de podridão apical, superando 20% dos frutos em ambos os tratamentos. Tal desordem pode estar relacionada à deficiência de cálcio, que, por sua vez, pode estar associada a temperaturas elevadas, deficit hídrico e altas concentrações salinas, entre outros fatores (FONTES, 2003). Ainda se observou elevação da condutividade elétrica do substrato, ficando acima de 4 dS m⁻¹ no período de 60 a 100 DAT, que coincide com os primeiros 40 dias de colheita. Como o potencial matricial no substrato foi mantido em uma faixa considerada ótima para a cultura, é provável que o alto potencial osmótico tenha sido prejudicial à cultura em dias com temperaturas elevadas e alta demanda evapotranspirativa.

Eficiência de utilização da água (EUA)

O controle das irrigações com os sensores Irrigas® proporcionou um aumento médio de 35% na eficiência de utilização da água do cultivo em relação à irrigação com frequência pré-fixada (Tabela 6). Esse ganho

de eficiência ocorreu em virtude da maior produtividade e da redução da lâmina de água aplicada na irrigação com a utilização dos sensores.

Tabela 6. Produtividade comercial e eficiência de utilização da água (EUA) de híbridos de pimentão cultivados em substrato de fibra de coco e com irrigação controlada automaticamente utilizando sensores Irrigas® e com frequência pré-fixada (*timer*).

Híbrido	Produtividade comercial (kg m ⁻²)		EUA (kg m ⁻³)	
	Irrigas®	Timer	Irrigas®	Timer
Dahra R.	7,49	6,29	17,1	12,1
Nathalie	7,55	6,86	17,2	13,2
Média	7,52	6,58	17,1	12,7

Esses valores de EUA são semelhantes aos obtidos por Gul et al. (2011) no cultivo do pimentão em sistema hidropônico, utilizando turfa vulcânica como substrato, que variaram de 12,6 kg m⁻³ a 18,0 kg m⁻³ em sistemas do tipo aberto e fechado, respectivamente.

Em cultivo no solo, Souza et al. (2011) obtiveram eficiências máximas de utilização da água do pimentão de 8,5 kg m⁻³ e 10,8 kg m⁻³ em sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente. Coelho et al. (2013) obtiveram valores de EUA variando de 2,3 kg m⁻³ a 11,2 kg m⁻³, para a cultura do pimentão sob plantio direto, com e sem *mulch* plástico, respectivamente.

Conclusões

A irrigação automatizada com sensor Irrigas® pode ser utilizada no cultivo de pimentão em substrato de fibra de coco na estufa. Tal sistema de irrigação permite controlar o potencial matricial no substrato dentro de uma faixa pré-definida, proporcionando: aumentos significativos do número de frutos por planta e da produtividade comercial dos híbridos de pimentão Nathalie e Dahra R, redução da quantidade de água aplicada na irrigação e aumento da eficiência de utilização da água do cultivo.

Os híbridos Nathalie e Dahra R, cultivados em estufa utilizando substrato de fibra de coco, apresentam a mesma produtividade; entretanto, o híbrido Dahra R produz frutos mais pesados e com maior diâmetro em relação ao híbrido Nathalie.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Banco do Nordeste do Brasil pelo apoio financeiro para os trabalhos de pesquisa, ao proprietário do Sítio Timbaúba, Julião F. Soares, e ao Instituto Agropolos do Ceará.

Referências

CALBO, A. G. **Grades, monitoramento de água e estações de controle de irrigação com sensores Irrigas**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2006. 4p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado técnico, 73).

CALBO, A. G.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. Uso de controladores automáticos de irrigação na aplicação da tensiometria irrigas. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 1-7, 2004.

CHARLO, H. C. O.; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P. F.; BRAZ, L. T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 55-159, 2009.

COELHO, M. E. H.; FREITAS, F. C. L.; CUNHA, J. L. X. L.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. G. O. Production and efficiency of water usage in capsicum crops under no-tillage and conventional planting systems. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 741-749, 2013.

FONTES, P. C. R. Podridão apical do tomate, queima dos bordos das folhas em alface e depressão amarga dos frutos em maçã: deficiência de Ca? **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF., v. 21, n. 2, p.144, 2003.

GUL, A.; TUZEL Y.; TUZEL; I. H. IRGET; M. E.; KIDOGLU; F., TEPECIK, M. Effects of nutrition and irrigation on sweet pepper production in volcanic tuff. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 1, p. 221-229, 2011.

JOVICICH, E.; CANTLIFFE, D. J.; STOFFELLA, P. J.; HAMAN, D. Z. Bell pepper fruit yield and quality as influenced by solar radiation-based irrigation and container media in a passively ventilated greenhouse. **Hortscience**, v. 42, n. 3, p. 642-652, 2007.

LIZARRAGA, A.; BOESVELD, H.; HUIBERS F.; ROBLES, C. Evaluating irrigation scheduling of hydroponic tomato in Navarra, Spain. **Irrigation and Drainage**, v. 52, p.177-188, 2003.

MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O. A. **Cultivo protegido de hortaliças com foco em tomate e pimentão**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2006. 70 p.

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G.; CARRIJO, O. A. Avaliação de sensores tipo Irrigas® para o controle da irrigação em hortaliças cultivadas em substrato. **Irriga**, v. 10, n. 1, p. 88-95, 2005.

MIRANDA, F. R.; MESQUITA, A. L. M.; MARTINS, M. V. V.; ARAGÃO, F. A. S.; FERNANDES, C. M. F. Evaluation of a Control System Based on the Irrigas® sensor for Irrigation scheduling of hydroponic tomato in Ceará, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 889, p. 431-438, 2011.

NEMALI, K. S.; VAN IERSEL, M. W. An automated system for controlling drought stress and irrigation in potted plants. **Scientia Horticulturae**, v.110, p. 292-297, 2006.

PARDOSSI, A.; INCROCCI, L.; INCROCCI, G.; MALORGIO, F.; BATTISTA, P.; BACCI, L.; RAPI, B.; MARZIALETTI, P.; HEMMING, J.; BALENDONCK, J. Root zone sensors for irrigation management in intensive agriculture. **Sensors**, v. 9, p. 2809-2835, 2009.

PASCHOLD, P. J.; MOHAMMED, A. Irrigas - a new simple soil moisture sensor for irrigation scheduling. **Acta Horticulturae**, v. 664, p. 521-527, 2004.

SOUZA, A. P.; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.

VAN IERSEL, M. W.; DOVE, S.; BURNETT, S. E. The Use of Soil Moisture Probes for Improved Uniformity and Irrigation Control in Greenhouses. Proc. International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems, **Acta Horticulturae**, v. 893, p.1049-1056. 2011.



Agroindústria Tropical

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA